

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-134047
 (43)Date of publication of application : 09.05.2003

(51)Int.Cl. H04B 10/02
 H04B 10/18
 H04J 3/00
 H04J 14/00
 H04J 14/02

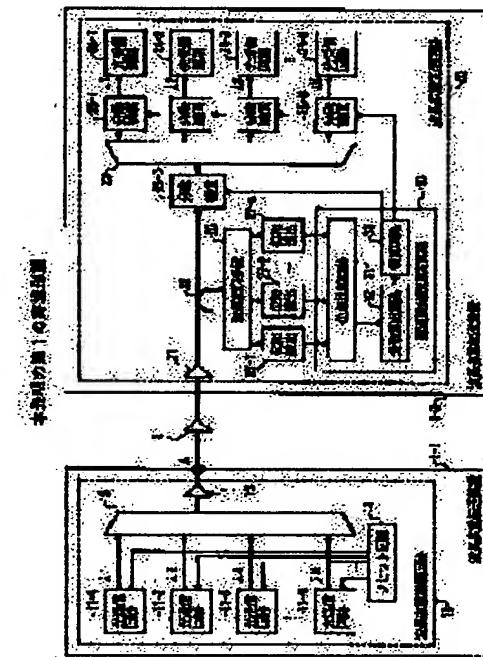
(21)Application number : 2001-329510 (71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
 <NTT>
 (22)Date of filing : 26.10.2001 (72)Inventor : KATAOKA TOMOYOSHI
 MIYAMOTO YUTAKA
 KUWABARA SHOICHIRO

(54) OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLE TRANSMISSION SYSTEM WITH AUTOMATIC DISTRIBUTION COMPENSATION CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To constantly measure wavelength distribution of a transmission line during operation without influencing main signal light and to enable compensation using a distribution compensator based on a measured distribution value.

SOLUTION: Wavelength dependency of transmission delay of an optical fiber which is the transmission line is measured by taking notice of a point that an optical wavelength multiple transmission system simultaneously uses a plurality of kinds of wavelength, constantly detecting frames which data signals of the respective wavelength channels have or detecting them in a short repetition time and relatively comparing their frame phases. Group speed distribution of the optical fiber is calculated from the wavelength dependency of the transmission delay and used for distribution compensation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3771830

[Date of registration] 17.02.2006

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-134047

(P2003-134047A)

(43)公開日 平成15年5月9日(2003.5.9)

(51)Int.Cl.
H 04 B 10/02
10/18
H 04 J 3/00
14/00
14/02

識別記号

F I
H 04 J 3/00
H 04 B 9/00

テ-マコード(参考)
U 5 K 0 0 2
M 5 K 0 2 8
E

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-329510(P2001-329510)

(22)出願日 平成13年10月26日(2001.10.26)

(71)出願人 000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 片岡 智由
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 宮本 裕
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(74)代理人 100072718
弁理士 古谷 史旺

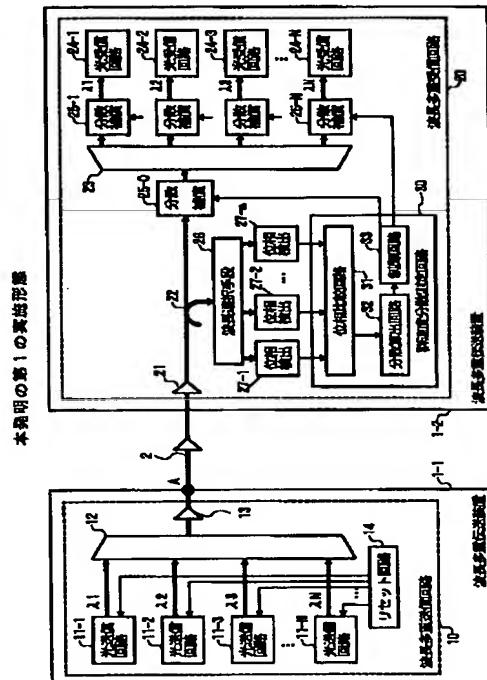
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム

(57)【要約】

【課題】 伝送路の波長分散を主信号光に影響を与えることなく運用中に常時測定し、測定した分散値をもとに分散補償器を用いた補償を可能とする。

【解決手段】 光波長多重伝送システムが複数の波長を同時に使用する点に着目し、各波長チャネルのデータ信号が有するフレームを常時検出し、あるいは短い繰り返し時間で検出し、そのフレーム位相を相対的に比較することにより、伝送路である光ファイバの伝送遅延の波長依存性を測定する。この伝送遅延の波長依存性から光ファイバの群速度分散を計算し、分散補償に用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバを用いた光伝送路と、互いに波長の異なる複数のチャネルの光信号を波長多重して前記光伝送路に送信する波長多重送信回路と、前記光伝送路から受信する波長多重光信号を各チャネルの光信号に分離する波長多重受信回路とを備えた光波長多重伝送システムにおいて、前記各チャネルの光信号は、周期的なフレーム構造を有するデータ信号で変調された光信号であり、前記波長多重送信回路には、前記複数のチャネルの光信号のうち、所定のチャネルの光信号のフレーム位相を同期制御するリセット回路を備え、前記波長多重受信回路には、制御信号により分散値が変化する分散補償器と、前記波長多重光信号から少なくとも前記所定のチャネルの光信号のフレーム位相を検出する位相検出手段と、前記検出したフレーム位相を比較し、所定のチャネル間の相対的な位相差から前記光伝送路で発生する相対的な遅延を算出して前記光伝送路の群速度分散値を算出し、算出された光伝送路の群速度分散値と前記分散補償器の分散値のトータルの分散による信号の品質劣化が許容値以下となるように、前記制御信号により前記分散補償器の分散値を設定または制御する群速度分散測定回路とを備えたことを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項2】 請求項1に記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記光伝送路の途中に挿入される光増幅器に、前記分散補償器と前記位相検出手段と前記群速度分散測定回路を備えたことを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記位相検出手段は、位相比較の基準となる特定の一波長の光信号のフレーム位相を検出する参照用位相検出手段と、前記波長多重光信号から少なくとも前記所定のチャネルの光信号を順番に1つずつ選択し、そのフレーム位相を順次検出する測定用位相検出手段により構成され、前記群速度分散測定回路は、前記特定の一波長の光信号のフレーム位相を基準に、前記所定のチャネルの光信号のフレーム位相を順次比較して各チャネル間の相対的な位相差を求める手段を含むことを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項4】 請求項1に記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記波長多重受信回路が有する分離された各チャネルの光信号を受信する光受信回路のうち、少なくとも前記所定のチャネルに対応する光受信回路に前記位相検出手段を備えたことを特徴とする自動分散補償回路付き光波長

多重伝送システム。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記波長多重送信回路は、前記リセット回路に代えて、前記所定のチャネルのフレーム位相を検出し、前記所定のチャネル間の相対的な位相差を測定する手段と、その相対的位相情報を前記波長多重受信回路に送信する手段とを備え、前記波長多重受信回路は、前記所定のチャネル間の相対的位相情報を受信する手段と、その相対的位相情報をもとに前記波長多重送信回路内で前記所定のチャネル間に発生した位相差を補正し、前記光伝送路で生じる相対遅延を算出する手段とを備えたことを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項6】 請求項5に記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記波長多重送信回路で測定された相対的位相情報を、信号データのフレームが有するオーバヘッドに含まれるデータコミュニケーションチャネルを利用して前記波長多重受信回路に伝達する構成であることを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項7】 請求項5に記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記波長多重送信回路で測定された相対的位相情報を、監視制御用光信号により前記波長多重受信回路に伝達する構成であることを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項8】 請求項1～7のいずれかに記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、データ信号がSDH/SonetフレームあるいはOTNフレームであることを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項9】 請求項8に記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記位相検出手段は、前記SDH/SonetフレームあるいはOTNフレームのオーバヘッドに含まれるフレーム同期用のA1A2バイトを検出し、検出と同時にフレーム同期パルスを生成してフレーム位相を検出する構成であることを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【請求項10】 請求項1～7のいずれかに記載の自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムにおいて、前記位相検出手段は、フレーム周期に対応する周波数成分を狭帯域フィルタで抽出する構成であることを特徴とする自動分散補償回路付き光波長多重伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、伝送劣化を要因となる伝送路の波長分散を自動的に補償する機能を備えた光波長多重伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、波長多重技術を用いた大容量光伝送システム（WDM伝送システム）の開発が進められている。これは、昨今のデータトラヒックの増大に対応し、1心の光ファイバで大容量のデータを伝送する必要性が生じてきたためである。現在市販されているWDM伝送システムの1波長当たりのピットレートは最大で10 Gbit/s となっている。この4倍のピットレート40Gbit/s を1波長で伝送するWDM伝送システムは、イニシャルコスト、ランニングコストの点から従来の10Gbit/s ベースのWDM伝送システムと比較して、高いコストパフォーマンスを発揮する可能性があり、研究が進められている。例えば、Optical Fiber Communication Conference 2001 のポストデットラインペーパでは、40Gbit/s ベースのWDM伝送実験の報告が5件なされている。

【0003】光伝送システムの伝送距離は、多くの制限要因で限定されているが、その制限要因のうちの大きなものは、信号のS/N劣化と伝送路である光ファイバの群速度分散の2つである。

【0004】信号のS/N劣化は、光アンプを用いることで解決が図られてきた。一方の群速度分散による制限は、分散補償器を用いることや許容分散値が拡大する変調符号化方式の適用などの工夫で解決が図られてきた。なお、分散補償器としては、分散補償ファイバ（特開平7-202798号公報）やファイバグレーティング型補償器（B.Malo et al., ECOC'94, PD, p.23）などが知られている。また、許容分散値が拡大する変調符号化方式としては、デュオバイナリ変調符号（Yonenaga et al., "Dispersion-tolerant optical transmission system using duobinary transmitter and binary receiver", J.Lightwave Technol., 1997, LT-15, pp.1530-1537）やCS-RZ変調符号などが知られている。

【0005】しかし、S/N劣化による最小受光レベル（規定のピット誤り率以下で信号を受信できる光レベル）がピットレートに反比例して劣化するのに対して、許容分散値（規定のピット誤り率以下で信号を受信できる伝送路の分散値の範囲）は、ピットレートの二乗に反比例して劣化する。したがって、1チャネル当たりの信号が10Gbit/s を越えるようなWDM伝送システムでは、S/N劣化対策よりも分散値対策を精緻に行う必要がある。例えば、伝送符号がNRZの場合、10Gbit/sでは約800ps/nmであった分散耐力が、40Gbit/s では1/16の約50ps/nm となり、100Gbit/s では1/100の約8ps/nm と厳しくなる。

【0006】現在、伝送路に使用する光ファイバの群速度分散を測定した後に、伝送路と分散補償器の総分散量が許容分散値以下になるように、適切な分散値をもつ分散補償器を選択して使用するのが一般的になっている。なお、この分散補償器は、固定的な分散値をもつものが

用いられてきた。一方、分散値を自動的に補償しようとする検討も進められている（特開平9-326755号公報「自動等化システム」）。しかし、固定的な分散値をもつ分散補償器により分散補償する場合には、システム運用直前に分散補償作業を行うことになるので、自動分散補償を行うことによる作業コスト削減効果は小さい。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】40Gbit/s ベースのWDM伝送システムでは、許容分散値が10Gbit/s ベースのものに比べて1/16であるため、伝送路の温度変化を原因として許容分散値の範囲を越える分散量の変動が発生するケースが想定される。例えば、単一モード光ファイバ（SMF）320 km伝送で、年間を通じて伝送路に0~40°Cの温度変化がある場合の伝送路分散の変化量は次のように見積もられる。

【0008】（伝送路零分散波長の温度依存性） \times （温度変化） \times （分散スローブ） \times （伝送距離）=0.03(nm/°C) \times 40 (°C) \times 0.07(ps/nm²/km) \times 320(km) = 27(ps/nm)

20

【0009】これは、上記の分散耐力（50ps/nm）と比較しても無視できない値である。したがって、40Gbit/s 以上の大容量伝送では、伝送路分散を常時監視し、総分散値を許容値の範囲に収める必要がある。その点については、1.55 μm帯における波長分散の小さい分散シフトファイバ（DSF）を用いた場合でも同じである。

【0010】このように、伝送路に温度変動に起因する分散値変動があり、その影響が伝送システムの特性上無視できない場合には、システム運用後も常に分散の変動を監視し、リアルタイムで分散補償を行う必要がある。これに対応する分散補償器として、制御信号により分散値を連続的に変化させることができるもののがいくつか報告されている。それは、ファイバグレーティングに応力（文献a）や温度傾斜（文献b）を与える方法、PLC（Planer Lightwave Circuit）に温度変化による位相変化を与える方法（文献c）などで分散補償量を変化させることができるものがある。

【0011】文献aは、「M.M.Ohm et al., "Tunable grating dispersion using a piezoelectric stack", OFC'97 Technical Digest, WJ3, pp.155-156」である。文献bは、「Sergio Barcelos et al., "Characteristics of chirped fiber gratings for dispersion compensation", OFC'96 Technical Digest, WK12, pp.161-162」である。文献cは、「K.Takiguchi et al., "Variable Group-Delay Dispersion Equalizer Using Lattice-Form Programmable Optical Filter on Planer Lightwave Circuit", IEEE J.Selected Topics in Quantum Electronics, 2, 1996, pp.270-276」である。

【0012】また、分散の変動をリアルタイムに観測する方法としては、①主信号光と監視制御光に低周波信号

50

パルスを重複しその位相を比較する方法（特開平10-163962号公報「自動分散補償式光伝送システム」）、②光信号から特定の周波数成分の強度を検出し、検出された特定周波数成分の強度が極小になるように伝送路の総分散量を制御する方法（特開平11-68657号公報「波長分散制御のための方法と装置及び分散量検出方法」）、③光電気変換した後のRFスペクトルを解析する方法（F.Heismann et al., "Automatic Compensation of First Order Polarization Mode Dispersion in a 10 Gbit/s Transmission System, ECOC'98, p 10 p.529-530, 1998）などがある。

【0013】しかし、①の方法では主信号に制御信号を重複するので、主信号光に波形劣化を与える問題がある。②および③は、直接的に群速度分散を測定する方法ではない間接検出法であるので、送信回路の経年劣化などにより発生する波形ひずみによる検出精度の低下などが課題となる。すなわち、従来の方法では、伝送システムの運用中に主信号光に影響を与えることなく群速度分散を直接測定する方法はなかった。

【0014】本発明は、伝送路の波長分散を主信号光に影響を与えることなく運用中に常時測定し、測定した分散値をもとに分散補償器を用いた補償を行うことができる自動分散補償回路付き光波長多重伝送システムを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】まず、一般的な分散測定方法について説明する。長さLの光ファイバを伝搬するのに要する時間τは、

$$\tau = n L / c \quad \cdots (1)$$

と表される。ここで、nは光ファイバの実効屈折率、cは真空中の光速を示すが、実効屈折率nは波長により変化するので伝搬時間τは波長の関数となる。波長分散Dは、伝搬時間τを波長λで微分したもので、

$$D = d\tau / d\lambda \quad \cdots (2)$$

となる。

【0016】ここで、光ファイバの分散を測定する方法としては、位相差法やパルス伝搬法が知られている。位相差法は、光周波数c/λと変調周波数f_mを用いる方法である。変調周波数f_mで変調した光信号を測定対象の光ファイバに入射し、伝搬後の光信号を電気信号に変換して変調周波数f_mの位相を光信号の波長を変えながら測定する。詳細は、特開平10-367374号公報「波長分散測定装置」にある。

【0017】パルス法は、位相差法と基本的には同様の原理である。パルス光源の波長を変えてパルス伝搬の時間を直接測定し、波長分散を測定する方法である。

【0018】いずれの方法でも得られた変調周波数の位相φ(λ)あるいは伝搬遅延τ(λ)から波長分散D = dτ(λ)/dλを求める。波長を離散的に変化させる場合には、屈折率に関するセルマイヤの近似式 (n(λ) = A

$\lambda^2 + B + C\lambda^{-2}$ 、 $n(\lambda) = A\lambda^2 + B\lambda + C + D\lambda^{-1} + E\lambda^{-2}$ ）や、単純な2次方程式 ($n(\lambda) = A\lambda^2 + B\lambda + C$) に最小自乗法等でフィッティングさせて求める。

【0019】本発明では、光波長多重伝送システムが複数の波長を同時に使用する点に着目し、各波長チャネルのデータ信号が有するフレームを常時検出し、あるいは短い繰り返し時間で検出し、そのフレーム位相を相対的に比較することにより、伝送路である光ファイバの伝送遅延の波長依存性を測定する。この伝送遅延の波長依存性から光ファイバの群速度分散を計算し、分散補償に用いる。

【0020】伝送路長Lの光ファイバの伝搬遅延τ(λ)は、フレーム（繰り返し周期1/T）の立ち上がり時間tを複数の波長で測定する。光波長多重伝送システムでは各チャネルの波長は既知であるので、各チャネルのフレームの立ち上がり時間t(λ)を測定し、近似式にフィッティングさせことで、(2)式の波長分散が求められる。このとき、波長多重送信回路の出力端では、各波長のフレームが一致していないわけではないので、送信回路にフレームを一致させるためのリセット回路を設ける。あるいは、リセット回路を設ける代わりに波長多重送信回路でも被測定チャネルの出力信号のフレーム位相を測定し、受信回路側に伝達して受信側のフレーム位相の補正に用いる。

【0021】本発明では、光信号のもつフレーム位置を検出する方法をとるので、上記の位相差法と本質的には同様の方法である。ただし、主信号光がもともと有するフレームを検出することから、主信号光に波形歪みなどの影響を与えることなく、運用中に伝送路の波長分散を常時測定し、測定した分散値をもとに分散補償器を用いた補償を行うことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）図1は、本発明の第1の実施形態を示す。図において、本実施形態の光波長多重伝送システムは、一方の波長多重伝送装置1-1の波長多重送信回路10と、他方の波長多重伝送装置1-2の波長多重受信回路20が、光ファイバおよび光増幅器から構成される光伝送路2を介して接続される構成である。ただし、光伝送路3を構成する光増幅器は必須のものではない。なお、波長多重送信回路10および波長多重受信回路20は、各波長多重伝送装置にそれぞれ備えられるものであるが、ここではその一方を示している。

【0023】波長多重送信回路10は、波長λ1～λNの光信号を出力する光送信回路11-1～11-Nと、各波長チャネルの光信号を波長多重する光合波器12と、Nチャネルの波長多重光信号を増幅して光伝送路3に送出する光増幅器13と、所定の光送信回路を同期制御するリセット回路14により構成される。なお、各光送信回路では、SDHやATM、OTNなどの周期的な

フレーム構造を有するデータ信号（電気信号）を光信号に変換するので、光信号も周期的なフレーム構造を有する。

【0024】リセット回路14は、N個のうちの所定のn個（n=Nを含む）の光送信回路から送信される光信号のフレーム位相が、波長多重伝送装置1-1と光伝送路2との接続点Aで同一位相となるように同期制御する。なお、各チャネルのデータ信号のビットレートは同一である（同期している）必要がある。

【0025】波長多重受信回路20は、受信した波長多重光信号を増幅する光増幅器21と、波長多重光信号を2分岐する光分岐器22と、その一方の波長多重光信号を各波長チャネルの光信号に分波する光分波器23と、各波長チャネルの光信号を受信する光受信回路24-1～24-Nと、光分波器23の前段に挿入された分散補償器25-0と、光受信回路24-1～24-Nの前段に挿入された分散補償器25-1～25-Nと、光分岐器22で分岐した他方の波長多重光信号から送信側で同期制御された所定のnチャネルの光信号を分波する波長選択手段26と、nチャネルの光信号のフレーム位相を検出する位相検出回路27-1～27-nと、各フレーム位相を比較する位相比較回路31と、その比較結果から光伝送路3の分散値を算出する分散算出回路32と、得られた分散値に基づいて各分散補償器25-0～25-Nを制御する制御回路33により構成される。この位相比較回路31、分散算出回路32および制御回路33により、群速度分散測定回路30が構成される。

【0026】ここで、本発明による自動分散補償回路は、光分岐器22、分散補償器25-0～25-N、波長選択手段26、位相検出回路27-1～27-n、群速度分散測定回路30により構成される。

【0027】以下、図1および図2を参照して第1の実施形態における分散値の測定方法の概要について説明する。一方の波長多重伝送装置1-1の波長多重送信回路10では、リセット回路14によりNチャネルのうちのnチャネルの光信号のフレーム位相が同期制御される。ここでは、チャネル1、チャネル3、チャネル7、…、チャネルmのフレーム位相が一致する。

【0028】他方の波長多重伝送装置1-2の波長多重受信回路20の波長選択手段26は、光分岐器22で分岐したNチャネルの波長多重光信号を入力し、送信側でフレーム位相を一致させて送信したnチャネルの光信号を選択する。位相検出回路27-1～27-nは、このnチャネルのフレーム位相を検出する。その構成は送信する信号形態に依存する。例えば、送信信号がSDH信号である場合には、位相検出回路27-1～27-nはSDHフレーム同期回路で構成される。一般的な市販のフレーム同期回路は、図2に示すように、検出したフレームに対応するフレーム同期パルスを出力する機能を有する。位相比較回路31は、各位相検出回路27-1～

27-nから出力されるフレーム同期パルスを入力し、所定の1チャネルのフレーム同期パルスの位相を基準に他のチャネルのフレーム同期パルスの位相を比較し、相対遅延差を算出する。分散算出回路32は、位相比較回路31の出力をもとに最小二乗法等により、セルマイヤの近似式や多項式近似にカーブフィットさせて相対遅延の波長依存性を求め、得られた多項式の微分値から分散値を算出する。

【0029】なお、近似式を求めるために必要十分なフレーム位相検出を行えばよいので、必ずしも全Nチャネルのフレーム位相同期およびフレーム位相検出を行う必要はなく、上記のように例えばチャネル1、チャネル3、チャネル7、…、チャネルmなどのnチャネルで十分である。

【0030】制御回路33は、分散算出回路32で算出された分散値をもとに、分散補償器25-0または分散補償器25-1～25-N、あるいはその両方の分散値を含むトータルの分散値がシステムの許容分散値以下、すなわち分散による信号の品質劣化が許容値以下になるように設定する。なお、分散補償器は市販のものを用いることができる。ただし、制御回路33から出力される制御信号は、分散補償器の構成に依存する。

【0031】また、光分波器23の前段に挿入した分散補償器25-0を、図3に示すように光分岐器22の前段に挿入することも可能である。この場合には、測定された分散値がシステムの許容分散値以下、すなわち分散による信号の品質劣化が許容値以下になるように制御する。この構成では、図1に示す光受信回路24-1～24-Nの前段に挿入された分散補償器25-1～25-Nは必ずしも必要ない。

【0032】（第2の実施形態）図4は、本発明の第2の実施形態を示す。本実施形態は、第1の実施形態において、波長多重受信回路20に配置した本発明による自動分散補償回路（光分岐器22、分散補償器25、波長選択手段26、位相検出回路27-1～27-n、群速度分散測定回路30（位相比較回路31、分散算出回路32、制御回路33））を光伝送路2の光増幅器3内に配置したことを特徴とする。

【0033】ここで、光増幅器3aでは、光分岐器22の後段に分散補償器25を配置し、測定された分散値をもとに、分散補償器25の含むトータルの分散値がシステムの許容分散値以下、すなわち分散による信号の品質劣化が許容値以下になるように設定する。

【0034】光増幅器3bでは、光分岐器22の前段に分散補償器25を配置し、測定された分散値がシステムの許容分散値以下、すなわち分散による信号の品質劣化が許容値以下になるように制御する。

【0035】いずれの構成でも、複数の分散補償機能を有する光増幅器を縦横接続することが可能である。このように、分散補償機能を光伝送路2の複数箇所に分散配

置することにより、1箇所当たりの分散制御量を相対的に小さくできるので、分散補償器の選択範囲を広げることができる。

【0036】(第3の実施形態) 第1の実施形態および第2の実施形態の自動分散補償回路における位相比較回路31は、所定の1チャネルのフレーム同期パルスの位相を基準に他のチャネルのフレーム同期パルスの位相を比較して相対遅延差を算出していたが、第3の実施形態では、基準となる所定の1チャネル(参照チャネル)のフレーム同期パルスの位相を検出し、他のチャネルを1チャネルずつ順番に選択してそのフレーム同期パルスの位相と比較する構成としたものである。

【0037】図5は、本発明の第3の実施形態を示す。図において、自動分散補償回路は、光分岐器22-1、22-2、分散補償器25、波長選択手段26-1、26-2、位相検出回路27-1、27-2、群速度分散測定回路30(位相比較回路31、分散算出回路32、制御回路33)と、波長選択手段26-2の出力の1つを選択して位相検出回路27-2に接続する光スイッチ28を備える。

【0038】光分岐器22-2は、光分岐器22-1で分岐された波長多重光信号をさらに2分岐し、その一方を波長選択手段26-1に入力し、他方を波長選択手段26-2に入力する。波長選択手段26-1は、参照チャネルの光信号を分波して位相検出回路27-1に入力し、位相検出回路27-1は参照チャネルのフレーム位相を検出し、フレーム同期パルスを出力する。波長選択手段26-2は、送信側で同期制御された所定のnチャネルの光信号を分波し、光スイッチ28でその1チャネルが順番に選択されて位相検出回路27-2に入力される。位相検出回路27-2は、nチャネルの光信号のフレーム位相を順番に検出してフレーム同期パルスを出力する。位相比較回路31は、参照チャネルのフレーム同期パルスの位相と、所定のnチャネルのフレーム同期パルスの位相を順番に比較し、相対遅延差を算出する。以下同様である。

【0039】本実施形態では、位相検出回路が2つになるのでコスト低減を図ることができる。ただし、各チャネルの測定は周期的に行うことになるので、厳密な意味での常時監視ではないが、伝送路の温度変動に起因する分散値の変動周期は例えば1日周期のように極めてゆっくりした変動であるので、各チャネルの測定周期を想定される分散値の変動周期に対して十分に短くしてやれば問題ない。

【0040】(第4の実施形態) 図6は、本発明の第4の実施形態を示す。本実施形態は、第1の実施形態において、波長多重受信回路20に配置した本発明による自動分散補償回路(光分岐器22、分散補償器25、波長選択手段26、位相検出回路27-1～27-n、群速度分散測定回路30(位相比較回路31、分散算出回路

32、制御回路33))のうち、位相比較を行う所定のnチャネルに対応する位相検出回路27-1～27-nを光受信回路24-1～24-Nの対応するところに配置し、光分岐器22および波長選択手段26を不要としたことを特徴とする。

【0041】なお、すべての光受信回路24-1～24-Nに位相検出回路を配置し、位相比較回路31側で所定のnチャネルのフレーム同期パルスの相対位相を検出するようにしてもよい。

【0042】(第5の実施形態) 以上示した各実施形態は、波長多重送信回路10のリセット回路14で、位相比較を行う所定のnチャネルのフレーム位相を同期制御する構成になっていたが、第5の実施形態では所定のnチャネルのフレーム位相を比較し、その相対位相情報を所定のチャネルを用いて波長多重受信回路20に伝送し、波長多重受信回路20の位相比較回路31における位相比較に供することを特徴とする。

【0043】図7は、本発明の第5の実施形態を示す。図において、波長多重送信回路10は、光送信回路11-1～11-N、光合波器12、光増幅器13に加え

て、送信される波長多重光信号の一部を分岐する光分岐器15と、分岐した波長多重光信号から所定のnチャネルの光信号を分波する波長選択手段16と、nチャネルの光信号のフレーム位相を検出する位相検出回路17-1～17-nと、各フレーム位相を比較する位相比較回路18を備える。nチャネルの光信号の相対位相情報はここでは光送信回路11-Nに入力され、チャネルNに重複して波長多重受信回路20に伝送される。この相対位相情報の伝送では、例えばフレームが有するオーバヘッドに含まれるコミュニケーションチャネルを利用することができる。あるいは、監視制御用の別チャネルを用いるか、別途設けられる監視制御用光送信回路から送信してもよい。

【0044】波長多重受信回路20の構成は、基本的には第1の実施形態と同様である。ここでは、光受信回路24-Nでnチャネルの光信号の相対位相情報が抽出され、位相比較回路31に与えられる。位相比較回路31では、nチャネルの光信号の位相比較を行う際に、送信側から通知された相対位相情報をもとに補正することにより、伝送路で生じる相対遅延を算出することができる。

【0045】本実施形態の構成ではリセット回路が不要となるので、既存の送受信回路を有する光波長多重伝送システムに、送信側および受信側の波長分散値測定用の上記機器を追加することにより対応可能となる。

【0046】(他の実施形態) 以上示した各実施形態において、データ信号はSDH/SonetフレームあるいはOTNフレーム(ITU-Tで2001年2月に承認された新たなディジタルフレーム(ITU-T G.709 Recommendation)の形態をとることができる。この場合の位相

検出方法は、フレームのオーバヘッドに含まれるフレーム同期用のA1 A2バイトを検出し、検出と同時にフレーム同期パルスを生成する。これにより、フレーム位相を検出することができる。

【0047】また、他の位相検出方法として、フレーム周期に対応する周波数成分を狭帯域フィルタで抽出するようしてもよい。この場合の位相検出回路17、27の構成例を図8に示す。図において、位相検出回路は、光電気変換回路71、狭帯域フィルタ72および増幅回路73により構成される。狭帯域フィルタ72の中心周波数は、検出する信号の有するフレームのフレーム周期の逆数であるフレーム周波数と同一である。この構成により、フレーム周波数成分のみを抽出することにより、位相比較回路で位相比較することができる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、光伝送路の重要なバラメータである波長分散値を、主信号光に影響を与えることなく運用中に常時測定し、測定した分散値とともに分散補償器を用いた補償を行うことができる。これにより、光伝送路の温度変動によって生じる分散変動を自動的に補償することができ、40Gbit/sを越えるような高速光伝送システムにおいても安定に稼働させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態を示すブロック図。

【図2】第1の実施形態における分散値の測定方法の概要を説明する図。

【図3】本発明の第1の実施形態の変形例を示すブロック図。

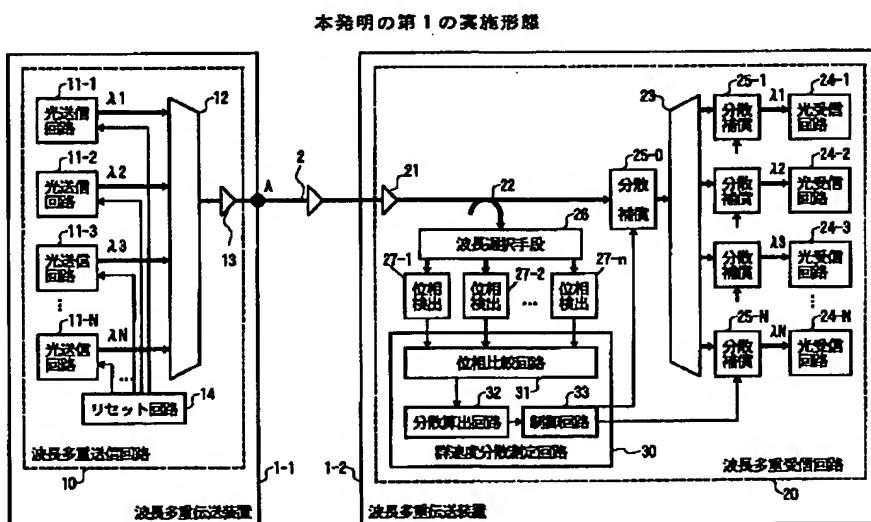
【図4】本発明の第2の実施形態を示すブロック図。

【図5】本発明の第3の実施形態を示すブロック図。 *

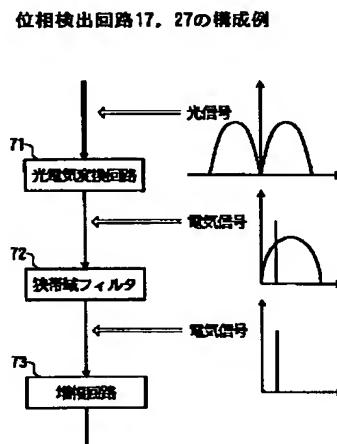
12
* 【図6】本発明の第4の実施形態を示すブロック図。
【図7】本発明の第5の実施形態を示すブロック図。
【図8】位相検出回路17、27の構成例を示す図。
【符号の説明】

1	波長多重伝送装置
2	光伝送路
3	光増幅器
10	波長多重送信回路
11	光送信回路
12	光合波器
13	光増幅器
14	リセット回路
15	光分岐器
16	波長選択手段
17	位相検出回路
18	位相比較回路
20	波長多重受信回路
21	光増幅器
22	光分岐器
23	光分波器
24	光受信回路
25	分散補償器
26	波長選択手段
27	位相検出回路
30	群速度分散測定回路
31	位相比較回路
32	分散算出回路
33	制御回路
71	光電気変換回路
72	狭帯域フィルタ
73	増幅回路

【図1】

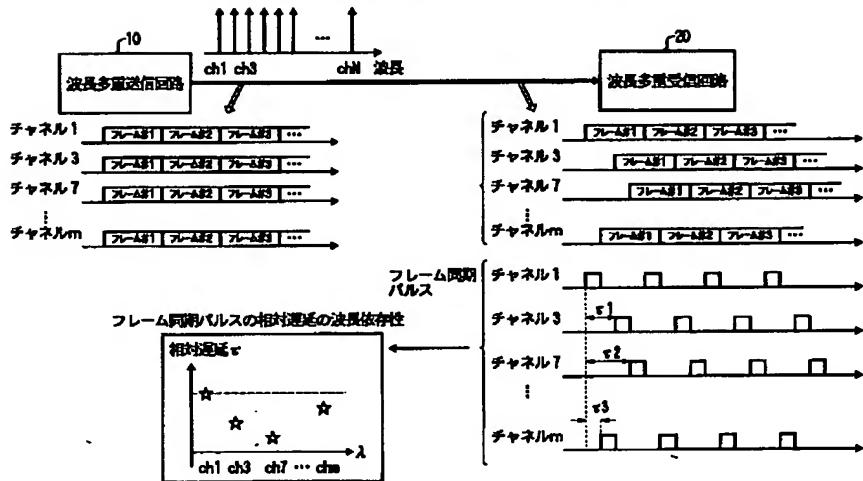


【図8】



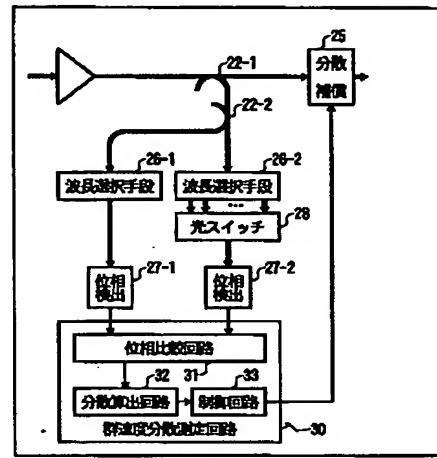
【図2】

第1の実施形態における分散値の測定方法の概要



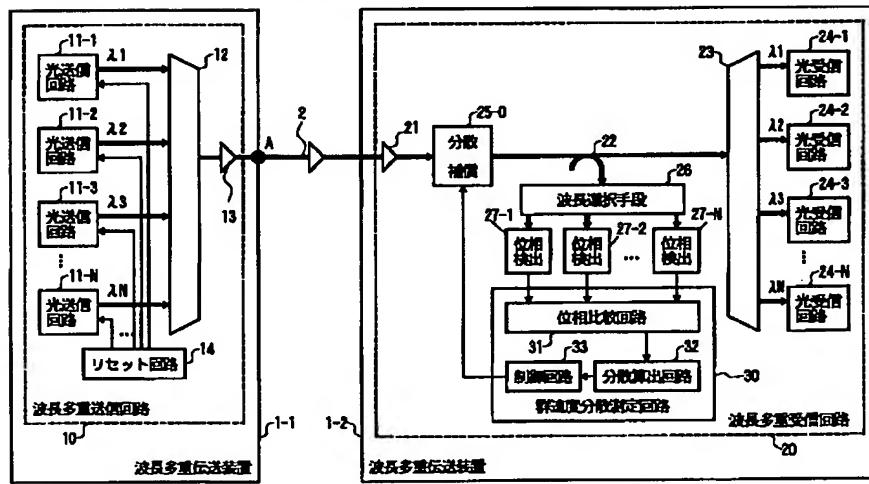
【図5】

本発明の第3の実施形態

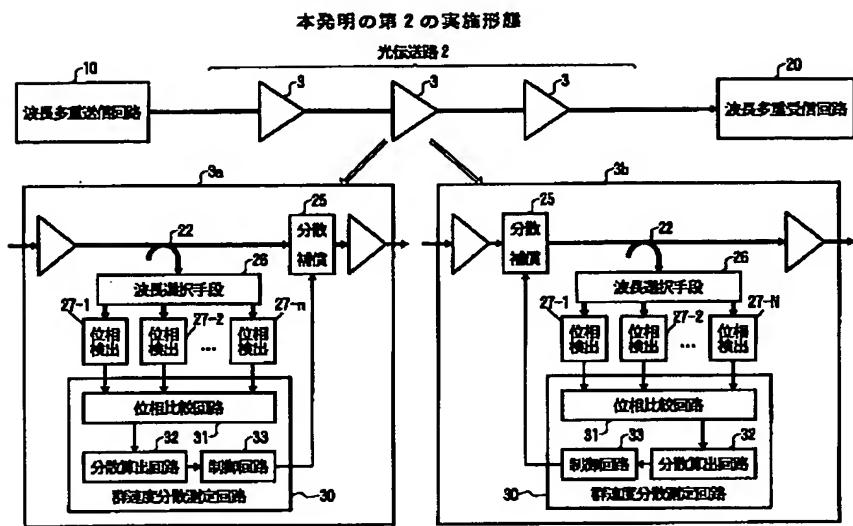


【図3】

本発明の第1の実施形態の変形例

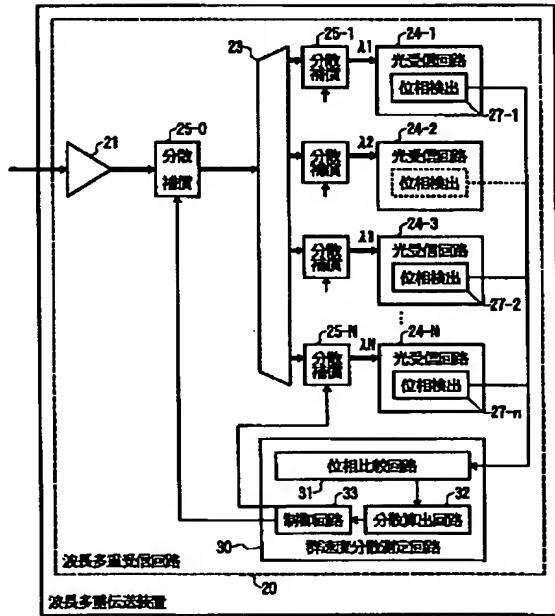


[図4]



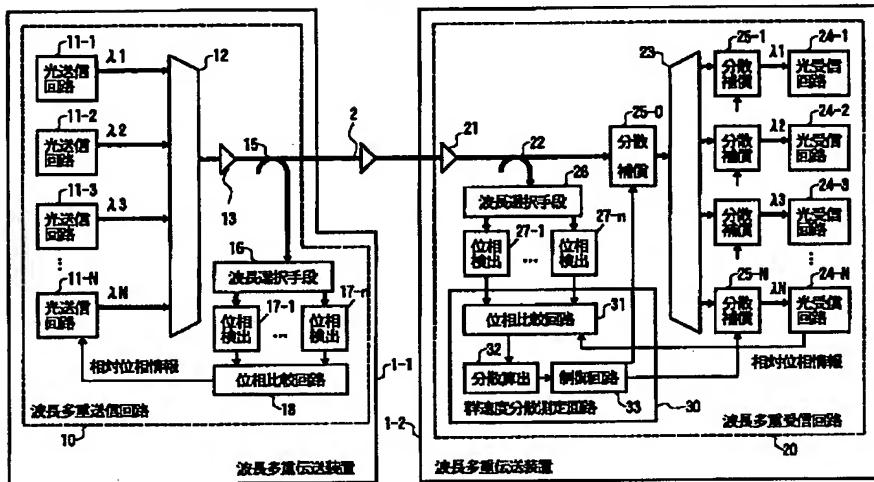
[図6]

本発明の第4の実施形態



【図7】

本発明の第5の実施形態



フロントページの続き

(72)発明者 桑原 昭一郎
 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日
 本電信電話株式会社内

F ターム(参考) 5K002 AA01 AA03 CA01 DA02 FA01
 5K028 BB08 CC02 EE05 KK01 KK03
 KK12 MM05 MM16 NN02